

Von der Information der Fahrgäste zur Interaktion mit den Fahrgästen – Potenziale formalisierter Geschäftsprozesse im ÖPNV am Beispiel der Anschlussicherung

Lars Schnieder*, Diederich Wermser**, Marta Barrilero***

*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig,
(Tel. 0531-2953444; e-mail: lars.schnieder@dlr.de)

**Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Elektrotechnik, Fachgebiet Kommunikationssysteme,
Salzdahlumer Strasse 46/48, 38302 Wolfenbüttel, (Tel. 05331-93942610; e-mail: d.wermser@ostfalia.de)

*** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Lilienthalplatz 7, 38108
Braunschweig, (Tel. 0531-2953581; e-mail: marta.barrileroGil@dlr.de)

Abstract: Die Bereitstellung eines effizienten und aus Sicht der Fahrgäste attraktiven öffentlichen Personennahverkehrs bedarf eines aufeinander abgestimmten Zusammenwirkens von Akteuren in den Leitstellen der beteiligten Verkehrsunternehmen und des beteiligten mobilen Betriebspersonals. Hierfür sind in einem stark räumlich verteilten verkehrstechnischen System viele interaktive Prozesse zu gestalten. Diese umfassen einerseits die Bedienung komplexer leittechnischer Systeme durch das Personal der Leitstelle sowie die Integration zusätzlicher betrieblicher Informationen in die ohnehin schon anspruchsvolle Fahraufgabe des Fahrers. Andererseits treten in interaktive Prozesse auch bei maschinell unterstützten Dialogen sowohl innerhalb des Verkehrsunternehmens (zwischen mobilem Betriebspersonal und der Leitstelle) als auch an der Schnittstelle zum Kunden auf. Für die Gestaltung dieser Interaktionsbeziehungen in einem hochgradig räumlich verteilten System ist eine geeignete Informations- und Kommunikationsinfrastruktur unerlässlich. Dieser Beitrag stellt eine auf offenen Standards basierende Kommunikationsarchitektur für Anwendungen im ÖPNV vor. In den Anwendungen werden verteilte Geschäftsprozesse und Kommunikationsereignisse integriert modelliert. Die in diesem Beitrag vorgestellten Konzepte werden am Beispiel des verteilten Prozesses der Anschlussicherung im ÖPNV erläutert.

1. MOTIVATION

Der effiziente Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) erfordert die Kommunikation zwischen der Leitstelle und den Fahrzeugen eines Verkehrsunternehmens sowie der Fahrzeuge untereinander. Da eine aus Fahrgastsicht bruchlose Mobilitätskette auch Verkehrsleistungen verschiedener Verkehrsunternehmen integriert, schließt dies eine zielgerichtete Abstimmung zwischen den beteiligten Verkehrsunternehmen bei der Planung und betrieblichen Gewährleistung von Anschlussbeziehungen mit ein. Nur auf der Grundlage in Echtzeit verfügbarer betrieblicher Daten werden Fehlentwicklungen offenbar und ein unverzüglicher dispositiver Eingriff möglich. Hierbei sind die Bedürfnisse der Fahrgäste nach vollständiger, korrekter, aktueller und verständlicher Information zu beachten. Der aktuelle Stand der Technik weist die folgenden Nachteile auf:

Der *Betrieb dedizierter Kommunikationsinfrastrukturen* (analoger Betriebsfunk, digitale Betriebsfunksysteme, spezielle Mobilfunkinfrastrukturen) ist wirtschaftlich nachteilig. Die Nutzung öffentlicher Mobilfunknetze ist anzustreben.

Die *fehlende Anwendungsintegration* führt bei der Bearbeitung von Geschäftsprozessen (Workflows) zu Systembrüchen. Hieraus resultierend Reibungs- und

Informationsverluste. Unter Verwendung einer geeigneten Modellierungsumgebung kann aus einem semiformal spezifizierten Geschäftsmodell eine konsistente Anwendung entwickelt werden. Diese fügt unterliegende Anwendungen der Verkehrsunternehmen nahtlos ein.

Die Systemtechnik des ÖPNV weist heterogene Systeme mit zumeist *proprietären Schnittstellen* auf. Durch die Verwendung einer allgemeinen Prozessbeschreibungssprache werden Kernprozesse von Verkehrsunternehmen vom konkreten technischen System abstrahiert und Prozessabläufe auf der Modellierungsebene system- und schnittstellenübergreifend erfasst. Auf der Ausführungsebene werden verschiedene Werkzeuge über definierte Schnittstellen in den Prozessablauf integriert und über eine einheitliche Nutzeroberfläche bedient.

2. UMFASSENDE PROZESSUNTERSTÜTZUNG FÜR ABLÄUFE IM ÖPNV

Die Verkehrsunternehmen streben einen wirtschaftlichen und qualitätsgerechten ÖPNV an. Die vom Fahrgast wahrgenommene Qualität kann unter anderem durch eine gezielte systemtechnische Gestaltung positiv beeinflusst werden. Hierfür sind nachfolgend zwei Ansatzpunkte genannt.

Die *Verfügbarkeit des Verkehrsangebots* bezeichnet den Umfang der angebotenen Dienstleistung. Dies umfasst sowohl eine räumliche Komponente (das Bedienungsgebiet) als auch eine zeitliche Komponente (Bedienungszeiträume und Bedienungsintervalle). Insbesondere im Abend- und Nachtverkehr sowie in der Bedienung ländlicher Räume sind die Planung von Anschlüssen und ihre zuverlässige Gewährleistung im Betrieb für eine qualitätsgerechte Betriebsabwicklung wichtig. Allerdings weist eine unternehmens- und insbesondere verkehrsträgerübergreifende Anschlusssicherung in der Praxis ein erhebliches Verbesserungspotenzial auf. Dies ist der Ansatzpunkt des vorgeschlagenen Architekturkonzepts.

Die *Informationen über das Verkehrsangebot* bezeichnen die systematische Bereitstellung von Wissen über den ÖPNV, um die Planung und Durchführung von Reisen zu erleichtern. Umfassende und aktuelle Informationen unterstützen den Reisenden unter Normalbedingungen sowie bei Abweichungen vom Regelbetrieb. Das in diesem Beitrag vorgestellte Systemkonzept trägt zu einer Verbesserung des Nutzungserlebnisses des Fahrgastes bei. Die Fahrgäste erhalten situationsadaptive Unterstützung und die für ihren Kontext relevante Information über Handy-Apps und/oder Anzeigen im Fahrzeug. Die Verwendung offener Standards abstrahiert von spezifischen Endgeräten.

Gelingt die Integration einer adressatenspezifischen Information und Kommunikation in die Geschäftsprozesse der Betreiber, können Störungen im Betriebsablauf effizient behoben und Auswirkungen auf die Fahrgäste durch zeitnahe und individualisierte Informationen abgemildert werden. Ein wesentliches Element einer maschinengestützten Prozessunterstützung bei ÖPNV-Betreibern ist, dass jeder beteiligte Akteur (Mitarbeiter in der Leitstelle, Fahrzeugführer, Fahrgast) eine seiner jeweiligen Aufgabe/Rolle angepasste Nutzeroberfläche erhält. Die Interaktion erfolgt kontextabhängig (visuell, taktil, akustisch). Ebenso müssen aus dieser Prozessunterstützung heraus Fahrgastansagen generiert werden können, die situationsabhängig entweder automatisch oder durch spezifische Rollen in den Prozessen gesteuert werden.

3. HETEROGENE NETZE – PROBLEME UND LÖSUNGEN

Im ÖPNV ist der größte Teil der beteiligten Agenten mobil. In der Zukunft werden alle Kommunikationsverbindungen über All-IP Netze realisiert, d.h. über nahtlos verfügbaren Transport über das IP-Protokoll. Dies betrifft sowohl den Austausch von Daten als auch Sprach- und Videokommunikation (als RTC = Real Time Communication bezeichnet). Die Sprachkommunikation wird weiterhin wesentliches Medium der Kommunikation zwischen den Agenten, aber auch integraler Bestandteil der IT-gestützten Geschäftsprozesse sein. Auf dem Weg dahin müssen spezifische kommunikationstechnische Anforderungen und Randbedingungen berücksichtigt werden:

Interoperabilität – insbesondere in Regionalbussystemen legen Busse große Distanzen zurück. Zum aktuellen Zeitpunkt ist eine unternehmens- und

verkehrsträgerübergreifende Kommunikation wegen unterschiedlicher Kommunikationstechnologien nicht möglich.

Räumlich und zeitlich stark schwankende Konnektivitäten der unterlagerten Carrier-Netzwerke (insbesondere im Mobilfunkbereich). Dies führt zu Verbindungsabbrüchen sowie erheblichen Latenzzeiten in der Kommunikation durch den erforderlichen erneuten Verbindungsaufbau.

Sichere Datenübertragung: Bei vielen Anwendungen im ÖPNV werden zunehmend sensitive Daten übertragen. Beispiele hierfür sind Betriebsinformationen vom Fahrzeug, Verifikationsdaten beim bargeldlosen Ticketing und die Sprachkommunikation des Fahrers mit der Zentrale. Eine geschützte Datenübertragung muss die Übertragung von Informationen/Daten (insbesondere über das öffentliche Medium Internet) für Dritte unzugänglich, also abhör- und manipulationssicher ermöglichen (Kern, 2014).

3.1 Offene Standards ersetzen proprietäre Lösungen

Kernelement des in diesem Beitrag vorgestellten Ansatzes ist die Verwendung offener Kommunikationsstandards. Diese werden unabhängig von einzelnen Anbietern nach dem Prinzip einer gleichberechtigten Teilnahme möglicher Wettbewerber am Standardisierungsprozess entwickelt. Kommen offene Standards zum Einsatz, profitieren ÖPNV-Betreiber profitieren von der Vergleichbarkeit technischer Lösungen unterschiedlicher Anbieter. Auch gelingt eine betreiberübergreifende Verzahnung der Systeme im ÖPNV. Communications Enabled Applications (CEA) und Real Time Communication (RTC) als offene Standards eröffnen hierbei wesentliche Potenziale für eine Produkt- und Prozessinnovation im ÖPNV. Die Web RTC ist ein beim World Wide Web Consortium (W3C) aktuell in der Standardisierung befindlicher offener Standard für die Echtzeitkommunikation. Dies ermöglicht Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit (Voice over IP, Videostreams) innerhalb eines Webbrowsers. WebRTC dient der Aufnahme, Kodierung und (Peer-to-Peer-)Echtzeitübertragung von Multimedia-Inhalten und Dateien zwischen Webbrowsern.

3.2 Ableitung einer Open-Standard-Kommunikationsarchitektur

Für die Umsetzung eines auf offenen Standards beruhenden Kommunikationssystems für den ÖPNV wird eine aus drei Komponenten bestehende Kommunikationsarchitektur vorgeschlagen (Beyersdorf et al., 2013) (Hartmann et al., 2011). Diese ist von ihrer Struktur (vgl. Fig. 1) für die Fahrzeug- und Infrastrukturseite gleich:

Die Bedienoberflächen für das Personal der Leitstelle und der Fahrer werden als Web-Bedienoberflächen ausgeführt, in denen die verkehrsbezogene Anwendung zur Ausführung kommt. Die Geschäftsprozesse der Verkehrsunternehmen werden in einer geeigneten Notation (Business Process Model and Notation, BPMN, siehe Abschnitt 4) hinterlegt.

Die Ablauflogik orchestriert die Dienste und Daten vorhandener IT-Anwendungen der Betreiber und eröffnet den Bedienern situationsadäquate Handlungsoptionen. Diesen Handlungsoptionen werden Kommunikationsereignisse mit entsprechenden Modalitäten zugeordnet.

Innerhalb der RTC-fähigen Kommunikationsarchitektur erfolgt eine Abbildung der RTC-bezogenen Anwendungslogik. Hier erfolgt ein Rückgriff auf bereits vorhandene kommunikationsbezogene Basisfunktionen (Warteschlangen, Konferenzräume), die auf die Logik des ÖPNV-Betriebs abgebildet werden. Darüber hinaus wird eine CEA-fähige RTC-Kommunikation für VoIP-Anwendungen oder Videoübertragung zur Verfügung gestellt.

Für mobile Anwendungen muss eine RTC-fähige mobile IP-Kommunikation sichergestellt werden (angemessene Layer-3-Konnektivität). Diese Funktion wird von geeigneten und für diesen Anwendungsfall funktional erweiterten Client- und Server-Kommunikationsgateways unterstützt. Dies erfordert die Implementierung neuer Merkmale für einen zuverlässigen Betrieb (Bandbreitenprädiktion, Quality of Service (QoS), Sicherheit der Datenübertragung). Zur Gewährleistung der Sicherheit der Datenübertragung werden die zu übertragenden Daten verschlüsselt und/oder über virtuelle private Kanäle (VPN) übertragen. Ein Virtual Private Network (VPN) ist ein geschlossenes logisches Netz, das in der Regel auf den Schichten 2 oder 3 des OSI-Referenzmodells aufsetzt und Tunnelungsmechanismen für den IP-basierten Datenverkehr verwendet (Kern, 2014).

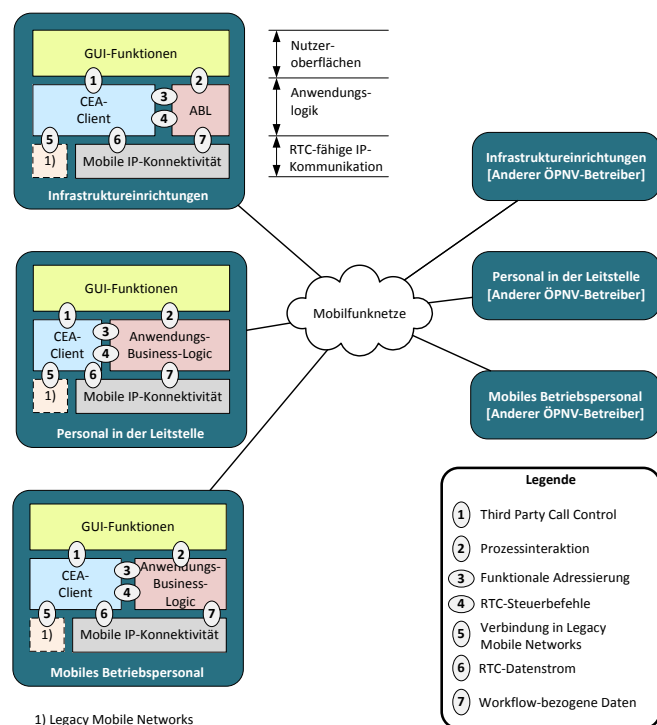


Fig. 1. Open-Standard Kommunikationsarchitektur

Die Orientierung der Kommunikationsarchitektur an Web-Technologien ermöglicht neue Betreibermodelle (Cloud Computing, Software as a Service). Die ÖPNV-Betreiber sparen hierdurch teilweise Anschaffungs- und

Betriebskosten, da der Servicepartner die IT-Administration und weitere Dienstleistungen (Wartungsarbeiten, Updates) übernimmt und der ÖPNV-Betreiber sich auf sein Kerngeschäft konzentriert. Mittelfristig empfiehlt es sich, die mobile All-IP Kommunikation komplett über breitbandige LTE-Netze (LTE, Long Term Evolution) zu realisieren. Mobile Virtual Network Operators (MVNO), mit denen virtuelle private Mobilkommunikationsnetze auf der physischen Infrastruktur öffentlicher Mobilnetzbetreiber realisiert werden, bieten Vorteile in Bezug auf die Total Cost of Ownership (TCO) und eine sofortige Flächendeckung gegenüber eigenen physischen Funknetzen der Betreiber. Auf diesen Netzen können auch betriebsfunktypische Dienste wie Gruppenrufe zur Verfügung gestellt werden (Hartmann et al., 2011). Des Weiteren können Priorisierungen ebenso wie individuelle QoS-Parameter einzelner IP-Kommunikationsbeziehungen implementiert werden. Für eine Übergangszeit müssen Migrationsszenarien entwickelt werden, welche die integrierte Nutzung mit herkömmlichen Betriebsfunknetzen (analog, digital) ermöglichen. Daraus ergeben sich für die nicht über IP angebotenen Agenten Einschränkungen hinsichtlich der Einbindung in die „Anwendungsbusiness Logic“ des Verkehrsträgers.

4. FORMALISIERTE PROZESSMODELLIERUNG

Geschäftsprozesse sind ein aufeinander abgestimmtes und stets wiederholbares Muster von Geschäftsaktivitäten. Diese folgen einander in einer wohlgeordneten Sequenz und werden von eindeutig festgelegten Rollen erbracht. Der Anwendungsfall der Anschlusssicherung im ÖPNV kann von einer Formalisierung der Geschäftsprozesse profitieren. Hierfür kamen für den beschriebenen Fall der Anschlusssicherung aufeinander abgestimmte Beschreibungsmittel, Methoden und Werkzeuge zum Einsatz.

4.1 Auswahl des Beschreibungsmittels (BPMN 2.0)

Die Formulierung, Modellierung und Dokumentation von Geschäftsprozessen als solche leistet einen Beitrag zu stabilen Geschäftsprozessen eines Unternehmens. Beispielsweise können Verkehrsunternehmen abrufbare Prozessmodelle für häufiger vorkommende Störfälle definieren. Dies reduziert Bedienfehler in Stresssituationen und gewährleistet auch unter Störfallbedingungen ein optimales Nutzungserlebnis für die Fahrgäste.

Die Verwendung grafischer Spezifikationssprachen ist auch für Informatik-Laien verständlich. Dies erleichtert die Diskussion der IT-Experten mit den Fachabteilungen und vereinfacht die betreiber-individuelle Prozessmodellierung. Hierzu werden bisherige nicht maschinengestützte Vorgehensmodelle aufgenommen und basierend auf betrieblichen Erfahrungen durch den Betreiber selbst angepasst.

Für die Modellierung von Geschäftsprozessen liegen verschiedene grafische Beschreibungsmittel vor. Beispielsweise sind hierfür UML Aktivitätsdiagramme, Ereignisprozessketten (EPK) oder Work Flow Petri Netze zu nennen (Van der Aalst, 2014). Alle diese

Beschreibungsmittel verfügen über eine token-basierte Semantik, welche es erlaubt, verteilte Prozesse zu modellieren und zu automatisieren. Für den gegebenen Anwendungsfall der Modellierung von Geschäftsprozessen im ÖPNV wurde als Beschreibungsmittel BPMN (Business Process Model and Notation) in der Version 2.0 gewählt. Aus Sicht der Autoren bietet dies insgesamt die vier nachfolgend dargestellten Vorteile:

Erstens liegen für die Aufstellung eines BPMN-Modells *ausgereifte Modellierungswerkzeuge* zur Definition der Prozessabläufe vor. Darüber hinaus stehen Werkzeuge zur Verfügung, welche BPMN-Modelle in Petrinetze hin und zurück überführen (Van der Aalst, 2014). Dies ermöglicht mittels der Analysemöglichkeiten der Petrinetztheorie die Verifikation der Einhaltung der an den Prozess gestellten Forderungen (soundness).

Zweitens weisen BPMN-Modelle *eine höhere Expressivität* (semantische Modellierungsmächtigkeit) auf. Hierbei ist die Eigenschaft, Interaktionen zwischen verschiedenen Prozessinstanzen modellieren zu können zentral. Deshalb können nicht nur Prozesse innerhalb einer Organisation beschrieben werden, sondern auch Interaktionsprozesse zwischen verschiedenen Organisationen.

Drittens unterstützen BPMN-Modelle die *Beschreibung der Beteiligung von Menschen an modellierten Prozessen* (human interaction). Das Interaktionsdesign ist bei der stark arbeitsteiligen Struktur des Geschäftsprozesses Anschlusssicherung hochgradig relevant. Hinsichtlich der Mensch-Maschine-Interaktion besteht die Möglichkeit zur Individualisierung der beschriebenen Prozesse. Busbetreiber-individuelle Sprachansagemodule oder Multimedia-kommunikation können umgesetzt werden. Durch das Internet der Dinge gehen immer mehr Geräte online. Im Standardisierungsvorhaben IP-KOM-ÖV wurde die Grundlage einer internetprotokollbasierten Kommunikation auf Fahrzeugen gelegt (Bandelin et al., 2012). Hierdurch ist ein Internet der Dinge auf Fahrzeugen des ÖPNV in Sicht. Bislang sind aber die einzelnen dort verfügbaren Informationen nicht auf Anwendungsebene integriert. Genau dies gelingt durch eine Modellierung mit BPMN.

Viertens liegt BPMN das Konzept der *dienstorientierten Architektur* (Service Oriented Architecture, SOA) zugrunde. Hierbei werden mit einem ablaufenden BPMN-Modell die Dienste verschiedener IT-Anwendungen eines oder mehrerer ÖPNV-Betreiber so orchestriert, dass sich insgesamt die bestmögliche Unterstützung der Arbeitsabläufe ergibt (Erl, 2005). Heute vorhanden und damit über BPMN orchestrierbar sind typische IT-Anwendungen für Fahrpläne, Mitarbeiter-einsatzplanungen oder Wartungspläne für Fahrzeuge. In Zukunft dazukommen werden als durch BPMN orchestrierbare IT-Anwendungen beispielsweise Sprach- und Videokommunikationsdienste für Anagesysteme gegenüber Fahrgästen, situationsabhängige Sprachkommunikation zwischen Fahrern oder App-gestützter Informationsaustausch über Smart-Phones der Fahrgäste.

4.2 Methodisches Vorgehen im Entwurf

Für die Entwicklung des Prototypen wurde ein inkrementelles Vorgehensmodell gewählt. Das übergeordnete Ziel des Vorhabens war eine erste Machbarkeitsstudie der Anwendung offener Standards in einer systemtechnischen Anwendung in der Domäne ÖPNV. In der inkrementellen Vorgehensweise wurden Vorteile hinsichtlich verkürzter Entwicklungszeiträume bis zur ersten *„lauffähigen“* Systemversion, ein damit einhergehender geringerer Entwicklungsaufwand und eine frühzeitige Einbindung potenzieller Nutzer zur systematischen Verbesserung des Systemkonzepts gesehen. Die im Projekt angewendete Schrittfolge war wie folgt:

(1) *Initiale Anforderungserhebung für den Prototypen:* Grundlegende Anforderungen wurden auf der Basis einer Analyse des aktuellen Standes der Technik – insbesondere der einschlägigen technischen Richtlinien des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) – identifiziert. Die schließt auch relevante Publikationen auf Tagungen und Konferenzen und andere publizierte Standards mit ein.

(2) *Entwicklung eines ersten ablauffähigen Modells:* Die Entwicklung von Prozessen vom Modell in BPMN hin zu ausführbaren Anwendungen erfolgt in fünf Detailstufen (Freund und Rücker, 2012). Ein Prozess wird (a) zunächst oberflächlich und leicht verständlich modelliert. (b) Im Anschluss wird das Modell semantisch und syntaktisch korrekt ausgearbeitet. Auf dieser Basis erfolgt (c) die Implementierung mit einer ausführbaren Anwendung. Die Konzeption der Nutzeroberflächen für die Akteure (d) ist ein weiterer Entwicklungsschritt. Der grafische Ablauf der Nutzeranwendungen orientiert sich am Prozessfluss. Modellierungstools für BPMN sehen aus diesem Grund bereits Integrationsmöglichkeiten für eine GUI (Graphical User Interface) vor. Haben sich durch die Bewertung des Ablaufs die GUI-Konzepte bewährt, erfolgt (e) eine Implementierung und Anbindung auf externen Geräten.

(3) *Review des Prototypen:* Domänenexperten und Endnutzer (im Anwendungsbeispiel Fahrgäste, Fahrer und Leitstellenpersonal) bedienen den Prototypen und geben zur Umsetzung der einzelnen Unterstützungsfunktionen Feedback zu möglichen Anpassungen oder Ergänzungen des Modells.

(4) *Überarbeitung des Prototypen:* Auf der Grundlage der erhaltenen Rückmeldungen wurden die Anforderungsspezifikation fortgeschrieben, das Prozessmodell aktualisiert und auch Nutzerschnittstellen angepasst. Sind die aus dem Review resultierenden Änderungen substantiell, müssen insbesondere die letzten beiden Phasen des Vorgehens mehrfach durchlaufen werden.

Das gewählte inkrementelle Vorgehen ermöglichte es dem Entwicklerteam Features zu ergänzen und Änderungen einzuführen, die in der Phase der Anforderungserhebung und des Systementwurfs nicht vorherzusehen waren.

4.2 Entwurfswerkzeuge

Um den zuvor dargestellten Entwurfsprozess und die Arbeit in der graphischen Notation in BPMN zu unterstützen, ist eine Werkzeugunterstützung unerlässlich. Workflow Management Systeme bestehen in der Regel aus zwei zentralen Komponenten. (a) Eine browserbasierte Modellierungsumgebung für die graphische Ausarbeitung von Prozessmodellen in BPMN 2.0. processes graphically Die Prozessdateien werden vom Server in einem datenbankgestützten Modell-Repository abgelegt. Dies stellt für die verschiedenen Iterationsschritte eine Versionsverfolgung sicher. (b) Die BPMN-Laufzeitumgebung schließt mehrere Komponenten ein, die Process Engine führt BPMN-Prozesse aus. Das Modell-Repository speichert die Prozessdateien. Eine einfache Web-Anwendung erlaubt den Entwurf vereinfachter graphischer Bedienoberflächen für erste einfache Prototypen (sog. tasklist).

Für die forschungsorientierte Machbarkeitsstudie war die Anwendung einer open-source Modellierungsumgebung eine zentrale Anforderung. Aus diesem Grunde wurde auf der Grundlage einer vergleichenden Analyse unterschiedlicher Modellierungswerkzeuge (z.B. activiti und camunda) DIE Entscheidung für die Nutzung des camunda-Frameworks getroffen. Auf dieser Grundlage wurde der in Abschnitt 5 beschriebene Anwendungsfall realisiert.

5. ANWENDUNGSFALL ANSCHLUSSSICHERUNG

Im Beispiel der Anschlusssicherung werden die Aktionen verschiedener Teilnehmer zu einem stimmigen Prozessablauf koordiniert. Zentrales Element des dargestellten Ablaufs ist ein in der Leitstelle implementierter Entscheidungsalgorithmus, der Entscheidungen zur betrieblichen Anschlusssicherung unterstützt und verschiedene Handlungsanweisungen in Abhängigkeit zueinander setzt. Hierdurch werden Busfahrer entlastet und der Algorithmus bewirkt ein einheitliches und begründbares Auftreten gegenüber dem Fahrgast (Goering, 2014). Um dies zu erreichen, werden Kommunikationsbeziehungen zwischen Fahrgästen, den Busfahrern (verspäteter zubringender Bus sowie abbringender Anschlussbus), dem Personal der Leitstelle der beteiligten Verkehrsunternehmen (zubringendes und abbringendes Verkehrsunternehmen) verknüpft. Dies schließt auch den Entwurf passender Interaktionskonzepte für Fahrgäste, Busfahrer und Leitstellenpersonal mit ein.

5.1 Modellerte Prozessinstanzen

Das Prozessmodell Anschlusssicherung besteht aus sieben Teilprozessen:

1. *Fahrgast verspäteter Zubringer (FZ)*: über standardisierte Schnittstellen (VDV430) können die Fahrgäste Reisedaten anfordern, bzw. bekommen den geplanten und möglicherweise veränderten Reiseablauf bereitgestellt.

2. *Busfahrer verspäteter Zubringer (BZ)*: Dieser Prozess modelliert die dezentral in den Fahrzeugen ablaufenden

Vorgängen. Beispielsweise informiert der dezentrale Bus die zugehörige Leitstelle mit Echtzeitdaten aus dem Betrieb.

3. *Leitstelle verspäteter Zubringer (LZ)*: Die Leitstelle informiert die zentralen Fahrplanauskunftssysteme über Echtzeitdaten des Betriebes (VDV454) und disponiert über Kommunikation mit den Busfahrern seinen eigenen Betrieb. Darüber hinaus stellt die Leitstelle des zubringenden Verkehrsunternehmens dem abbringenden Verkehrsunternehmen Echtzeitdaten zu den verabredeten Anschlüssen zur Verfügung (VDV453).

4. *Fahrplanauskunftssystem (IT)*: dieser Prozess stellt die Abläufe im Fahrplanauskunftssystem (ITIS, Intermodal Transport Information System) dar. Außer den kollektiven Fahrplanauskunftsmedien auf dem Fahrzeug ist die Fahrplanauskunft die einzige technische Interaktionsmöglichkeit zwischen Verkehrsunternehmen und Fahrgast.

5. *Leitstelle Abbringer (LA)*: Dieser Prozess stellt die Abläufe in der Leitstelle des abbringenden Verkehrsunternehmens dar. Wie bereits zuvor in der Darstellung der Leitstelle des zubringenden Verkehrsunternehmens erwähnt, stellt auch diese Leitstelle Echtzeitdaten für das ITIS zur Verfügung (VDV454), informiert die Partnerunternehmen (VDV453) und disponiert über Kommunikation mit den Busfahrern seinen eigenen Betrieb.

6. *Busfahrer Abbringer (BA)*: dieser Prozess ist für das Modell und den Anwendungsfall einfach gehalten und mit Prozess BZ identisch. Wenn eine Entscheidung „warten“ von der Abbringer-Leitstelle getroffen wird, empfängt dieser Prozess bestimmte Nachricht.

7. *Fahrgast Abbringer (FA)*: dieser Prozess ist für das Modell und den Anwendungsfall einfach gehalten und mit Prozess FZ identisch. Nach der Verspätungsmeldung des Anschlussbusses hätten die Fahrgäste in der Praxis auch hier wieder die Möglichkeit, Anschlusswünsche zu äußern. Aus dem Anschlussbus wird in diesem Fall ein verspäteter Bus.

Fig. 2 stellt die sieben interagierenden Prozessinstanzen für das Anwendungsbeispiel der Anschlusssicherung beispielhaft dar.

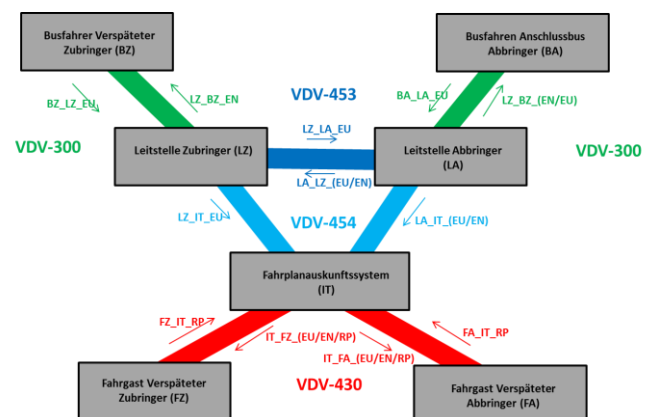


Fig. 2. Kommunikationsablauf im BPMN-Modell mit integrierter RTC-Anbindung

5.2 Modellerte Nachrichtenkategorien

Die zuvor dargestellten sieben Prozessinstanzen werden durch den Austausch von Nachrichten koordiniert (vgl. auch Abschnitt 5). Es gibt drei Kategorien von Nachrichten:

1. *Echtzeitdaten Update (EU)*: Diese Nachrichten enthalten eine echte Fahrplanauskunft. Sie werden von Fahrzeugen zu jedem Verkehrsunternehmen geschickt, und danach werden sie zum Fahrplanauskunftssystem weitergeleitet. Sie entsprechen den „Ist-Daten“ der Richtlinie (VDV454).

2. *Anschlussssicherung Entscheidung (EN)*: Die Entscheidungen „warten“ oder „nicht warten“ werden in der Leitstelle des Abbringers getroffen. Danach werden sie an die betroffenen Fahrzeuge und Fahrgäste weitergeleitet.

3. *Reise Planung (RP)*: Die Reiseplanung steht am Anfang des gesamten Prozesses. Die Fahrgäste fordern Reisedaten beim Fahrplanauskunftssystem an. Die Fahrgäste senden dem Fahrplanauskunftssystem hierfür Start und Ziel. Sie erhalten den Reiseverlauf zurück.

Um im gesamten Prozessmodell die Nachrichten übersichtlich zu repräsentieren, wird eine Codierung benutzt, die von Ihrer Struktur her wie folgt aufgebaut ist: SENDER_EMPFÄNGER_NACHRICHT. Beispielsweise steht die mit IT_FZ_EU codierte Nachricht für ein „Echtzeitdate Update“, vom Fahrplanauskunftssystem (ITIS) zu den Fahrgästen des Zubringers (FZ).

5.3 Teilmodell Intermodal Transport Control Center (ITCS)

Der Teilprozess des Intermodal Transport Control Centers (ITCS) beginnt, wenn Anschlusswünsche der Fahrgäste eingehen. Die erste Aufgabe, die hierbei in der Leitstelle erfolgt, ist der Vergleich der erforderlichen Umsteigezeit der Fahrgäste mit der in Folge der Verspätung des zubringenden Fahrzeugs resultierenden effektiv vorhandenen Umsteigezeit (bzw. deren Prognose). Für den Fall, dass trotz Verspätung des Zubringers noch ausreichend Zeit für einen Umstieg vorhanden ist (weil beispielsweise auch der Abbringer eine Verspätung aufweist), werden die Fahrgäste informiert und der Prozess endet an dieser Stelle. Für den Fall einer nicht ausreichenden Umsteigezeit wird eine Entscheidung getroffen, ob die Anschlussbusse warten können oder nicht. Entscheidungsalgorithmen hierfür beziehen die Zeitverluste umsteigender Fahrgäste und Transitfahrgästen im abbringenden Fahrzeug mit ein (Klemenz und Siefer, 2010)(Bittner et al., 2011)(Göring, 2014). Die Fahrer der abbringenden Fahrzeuge werden informiert. In gleicher Weise erhalten die betroffenen Fahrgäste eine Information. Anschlussuchende Fahrgäste werden über die getroffene Dispositionsentscheidung informiert. Die Fahrgäste im abbringenden Bus werden darüber in Kenntnis gesetzt, dass sich ihre Fahrt in Folge der Anschlussgewährung geringfügig verzögert. Sollte für einen Fahrgast der Anschluss nicht ermöglicht werden können, erhält diese eine möglichst optimale Anschlussroute.

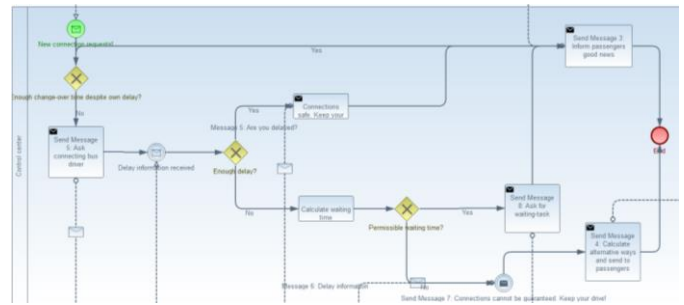


Fig. 3. Kommunikationsablauf im BPMN-Modell mit integrierter RTC-Anbindung

6. INTEGRATION VON BPMN-MODELLEN MIT RTC-SYSTEMEN

Die Implementierung einer Prozessunterstützung für den ÖPNV umfasst die Integration von Echtzeitkommunikation in das BPMN-Modell. Komplexe BPMN-Modelle bestehen aus mehr als einem Akteur, der einen Prozess in Form einer ausgeführten Anwendung instanziiert. Da jeder Akteur einen eigenen, für sich geschlossenen Prozess besitzt, existieren entsprechend auch mehrere Prozesse zur Modellierung eines Prozessablaufs. Der Prozessablauf Anschlussssicherung besteht aus den sieben Akteuren Fahrgast [verspäteter Zubringer] (FZ), Busfahrer [verspäteter Zubringer] (BZ), Leitstelle [verspäteter Zubringer] (LZ), Fahrplanauskunftssystem (IT), Leitstelle [Abbringer] (LA), Busfahrer [Abbringer] (BA) und Fahrgast [Abbringer] (FA). Um den Ablauf korrekt ausführen zu können, werden zwischen den Akteuren Nachrichten ausgetauscht. Die BPMN gibt im Modell nicht vor, wie genau diese Nachrichten übertragen werden.

Für den ÖPNV ist eine Echtzeitkommunikation für die anwendungsgerechte Informationsübertragung erforderlich. Hierbei werden die klassischen Nachrichtenflüsse direkt ergänzt durch Echtzeit-Nachrichtenflüsse. Dabei wird im Wesentlichen Telefonie zum Einsatz kommen. Für den ÖPNV hat die Telefonie den Vorteil, dass sie Fahrer möglichst wenig vom Fahrbetrieb ablenkt. Gespräche zwischen Fahrer und Leitstelle können auch vom Fahrer über einen Klick oder aber eine Spracherkennung initiiert und während des Fahrens ausgeführt werden. Gegenüber dem klassischen Betriebsfunk hat die Telefonie den Vorteil, dass sie zwei Audiokanäle zur Verfügung stellt und der Fahrer seinen Sprachkanal nicht durch Betätigen eines Tasters anfordern muss. Neben dem Audiokanal (Telefonie) stellt die Realtime Communication auch einen Videokanal (z.B. Übertragung animierter Umsteigewege) und einen Presencekanal (z.B. Übertragung von Statusinformationen) zu Verfügung.

7. FAZIT UND AUSBLICK

Mit dem skizzierten Architekturkonzept gelingt eine bruchlose Unterstützung von Geschäftsprozessen im ÖPNV. Mit der Nutzung auf offenen Standards basierenden Kommunikationstechnologien ergänzt das Konzept aktuell

laufende Standardisierungsbestrebungen im ÖPNV (Krömcker et al., 2011)(Bandelin et al., 2012).

Um das Potenzial einer durchgängigen IP-basierten Kommunikationstechnologie im ÖPNV auszuschöpfen, muss diese zu einer RTC-fähigen Mobilkommunikation erweitert werden. Hierdurch werden bestehende systemtechnische Grenzen überwunden. Die realisierte prototypische Implementierung der Anschlusssicherung zeigt Potenzial für weitergehende Aktivitäten auf. Die Verwendung der RTC-Standards ermöglicht die Ausweitung des Ansatzes von Audiokommunikation zu audiovisueller Kommunikation. Hierüber werden weitere bislang parallel zu den Betriebsführungssystemen laufende Anwendungen (z.B. Closed Circuit Television, CCTV) in der Leitstelle integrierbar.

Die BPMN-Modellierung der Prozesse verdeutlicht die Vielfalt an Mensch-Maschine-Interaktionen, welche bislang durch einfache Bedienoberflächen unterstützt werden. Die Herausforderung bei der GUI-Entwicklung für den ÖPNV sind die unterschiedlichen Anforderungen der Prozessakteure. Die Mensch-Maschine-Interaktion muss an die spezielle Nutzungssituation im ÖPNV angepasst werden, da teilweise nicht oder nur eingeschränkt mit visuellen Kommunikationswegen (Bildschirme) gearbeitet werden kann, sondern alternative Kommunikationswege (Sprache, Haptik) angeboten werden müssen. Ein solches zu entwickelndes dynamisches, webbasiertes Nutzerschnittstellenkonzept gewährleistet nicht nur die für die unterschiedlichen Endgeräte erforderliche Plattform-unabhängigkeit, sondern auch die Entwicklung an verschiedene Endgeräte und die vorhandenen Anzeigemöglichkeiten angepasste Oberflächen..

REFERENCES

- Bandelin, H.; Franke, T., Kruppa, R.; Wehrmann, A.; Weißer, D.: *Einheitliche Plattform für ÖPNV-Kommunikation auf gutem Weg*. In: Der Nahverkehr, 7+8/2012, S. 44.
- Beyersdorf, C. F.; Wermser, D.; Hartmann, D.; Cao, X.: *Virtualization of VoIP Application Servers for Implementation of Private Unified Communication Services via LTE*. 18. VDE/ITG Fachtagung Mobilkommunikation, 15.-16.05.2013, Osnabrück. ITG Fachbericht 242, VDE Verlag 2013, ISBN 978-3-8007-3516-7.
- Bittner, S.; Gille, A.; Klemenz, M.-A.: *Fahrgastorientierte Anschlussplanung im ÖPNV*. In: EI-Eisenbahningenieur 06/2011, S. 32-35.
- Erl, T.: *Service Oriented Architecture – Concepts, Technology and Design*. Prentice Hall, 2005.
- Freund, J., Rücker, B.: *Praxishandbuch BPMN 2.0*. Carl Hanser Verlag (München Wien), 2012.
- Göring, M.: *Bessere Sicherung von Anschlüssen im regionalen Schülerverkehr*. In: Der Nahverkehr 12/2014, S. 62 – 64.
- Hartmann, D.; Cao, X.; Stephan, M.; Wermser, D.; Zeuschner, M.; Andjelo, F.; Hunger, R.: *Initial Development of a SIP-/RTP-based Core Network for the*

TETRA Mobile Radio System aiming at Transparent Availability of its Features in LTE. 16. VDE/ITG Fachtagung Mobilkommunikation, 18.-19.05.2011, Osnabrück.. ITG Fachbericht 230, VDE Verlag 2011, ISBN 978-3-8007-3352-1.

- Kern, J.: *Herausforderungen drahtloser Kommunikation im ÖPNV*. In: Der Nahverkehr (2014) Ausgabe 1-2, S. 24 – 27.
- [KS10] Klemenz, M.-A., Siefer, T.: *Anschluss verpasst? Das war einmal!* In: EI-Eisenbahningenieur 01/2010, S. 37-45.
- Krömker, H.; Mayas, C.; Hörold, S.; Wehrmann, A.; Radermacher, B.: *In den Schuhen des Fahrgasts – Entwickler wechseln Perspektive*. In: der Nahverkehr 7+8/2011, S. 45.
- Van der Aalst, WMP: *Geschäftsprozessmodellierung - Die "Killer-Applikation" für Petrinetze*. In: Informatik Spektrum 37 (2014) Issue 3, p. 191 - 198.
- VDV-Schrift Nr. 300: *Kommunikation im ÖV (IP-KOM-ÖV)-Technische Anforderungen für Anwendungen im Integrierten Bordinformationssystem (IBIS)*. 11/2011, VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen).
- VDV-Schrift Nr. 430: *Mobile Kundeninformation im ÖV - Systemarchitektur*. 01/2014, VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen)
- VDV-Schrift Nr. 453: *Ist-Daten-Schnittstelle*. 05/2013, VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen).
- VDV-Schrift Nr. 454: *Ist-Daten-Schnittstelle Fahrplanauskunft*. 05/2013, VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen).